

## ESTUDO DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO ELETROMAGÉTICA EM AMBIENTE WIRELESS

**Keli Starck, Fábio Brignol de Moraes**

UTFPR

**Resumo** - Este artigo tem por objetivo a simulação do comportamento das ondas eletromagnéticas na frequência de 2,4 GHz, utilizadas em redes wireless nas salas de aula (uso de notebooks), considerando o layout em uma sala de aula, a infra-estrutura física, o mobiliário e os equipamentos de processos e redes. Possibilitando assim, verificar a quantidade de radiação eletromagnética, oriunda de equipamentos que utilizam wireless, as quais os seres vivos estão submetidos.

**Palavras-Chave:** Wireless, TLM, Normatização.

## STUDY OF LEVELS ELECTROMAGNETIC RADIATION IN ENVIRONMENT WITH WIRELESS

**Abstract-** This paper has for objective the simulation of the behavior of electromagnetic waves in the frequency of 2,4 GHz, used in wireless networks in classrooms (use of notebooks), considering the layout in a classroom, the physical infrastructure, the furniture and the equipment of processes and networks. Thus making possible, to verify the amount of electromagnetic, deriving radiation of equipment that uses wireless, which the beings livings creature is submitted.

**KeyWord:** Wireless, TLM, Normalization.

### 1. INTRODUÇÃO

Este artigo tem por objetivo a simulação dos níveis da SAR (taxa de absorção absoluta) de ondas eletromagnéticas oriundas de redes locais de comunicação de dados sem fio (wireless LAN), padronizada pelos protocolos de comunicação 802.11b e 802.11g.

Com esta finalidade é utilizada uma ferramenta de simulação eletromagnética baseada no método numérico TLM (Transmission Line Matrix Method). Basicamente, o método TLM tem como fundamentos o Princípio de Huygens, associado ao equacionamento de Linhas de Transmissão.

A simulação consiste na modelagem do layout de uma sala de aula, considerando a infra-estrutura física, o mobiliário e os diversos equipamentos de processos e redes, através da utilização das características e propriedades dos seus materiais, como permeabilidade, permissividade, condutividade e dimensões. Para isto, é realizado um estudo com a modelagem do espaço físico utilizando a sala M104 do curso de Tecnologia em Automação, da UTFPR, campus de Pato Branco.

O trabalho está organizado em seções, iniciando com uma breve fundamentação teórica sobre Wireless. Na seqüência é descrito o método numérico TLM, o qual permite a simulação do comportamento das ondas eletromagnéticas em ambientes de redes sem fio. A seguir apresenta-se a metodologia utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa, os resultados obtidos com as simulações realizadas e as respectivas análises e

discussões sobre o uso de redes sem fio em ambientes acadêmicos.

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

#### 2.1. Wireless

A palavra wireless é proveniente do inglês: wire (fio, cabo); less (sem); ou seja: sem fios. Wireless então, pode ser entendida como a transmissão de voz e dados através de ondas de rádio, luz, ou seja, permitem comunicação sem conexão física direta entre os equipamentos, dispensando o cabeamento convencional.

De maneira geral, a tecnologia de redes Wireless, embora tenha sido padronizada e difundida comercialmente a partir de 1997, só atualmente começa a ser utilizada em larga escala no Brasil, permitindo que usuários com necessidades de mobilidade constante e acesso à informação on-line, como os médicos, trabalhadores de chão de fábrica, usuários do comércio e universitários, pudessem ter uma alternativa para um mercado corporativo de solução de baixo custo e desempenho satisfatório. Desta forma, a crescente utilização de Automações via Wireless em nosso país e no resto do mundo vem motivando polêmicas discussões acerca dos possíveis malefícios a saúde das pessoas, provocadas pela emissão de radiação eletromagnética.

Estudos científicos sobre os efeitos das radiações eletromagnéticas no corpo humano vêm sendo realizados

há aproximadamente 45 anos, e foram intensificados na última década. As discussões ocupam cada vez mais os meios de comunicação tradicionais, criando verdadeira onda de desconfiança em relação ao uso das novas tecnologias que se utilizam de radiações eletromagnéticas, como é o caso das redes Wireless. A questão que ainda não foi devidamente esclarecida é se estas radiações também provocam danos à saúde.

Neste contexto, o que se propõe é um método que permite verificar se a radiação emitida está de acordo com as normas, ou seja, se os valores previstos em leis são cumpridos pelos fabricantes dos equipamentos.

## 2.2. Métodos Numéricos para Cálculos de Campos

Os métodos numéricos têm evoluído ao longo do tempo, apresentando-se capazes de modelar estruturas cada vez mais específicas e complexas. Na resolução de problemas de propagação de ondas eletromagnéticas destacam-se: Método de Elementos Finitos (FEM - Finite Element Method); Método de Momentos (MoM - Moments Method); Método de Elementos de Fronteira (BEM - Boundary Element Method); Método de Diferenças Finitas no Domínio do Tempo (FDTD - Finite Difference Time Domain); e a técnica aplicada no presente trabalho, Método de Modelagem por Linhas de Transmissão (TLM - Transmissionline Modeling Method).

As diferenças entre estes métodos existentes consistem fundamentalmente na formulação empregada, seja ela diferencial ou integral, e no domínio escolhido para o tratamento do problema, temporal ou espectral. Dentre os métodos anteriormente descritos, o TLM sobressai-se pelo seu recente desenvolvimento, apresentando grande expansão na última década do século XX.

O TLM tem como destaque, quando comparado com outros métodos numéricos, a simplicidade da sua formulação e implementação computacional e, ao mesmo tempo, ser muito mais intuitivo. Seus elementos possuem uma correspondência direta com os parâmetros físicos do problema, o que o torna de fácil entendimento e aplicação (Almaguer, 2002, p.19).

A diferença de outros métodos numéricos no domínio do tempo, onde as equações de Maxwell são resolvidas diretamente no espaço discretizado, o TLM se baseia no uso de redes de circuitos elétricos para a solução de problemas de espalhamento. Como é um método numérico diferencial pelo qual é representada a propagação de ondas, no domínio do tempo, o TLM é apropriado ao estudo de ondas milimétricas e microondas.

Na modelagem TLM é necessário o estabelecimento da equivalência entre as equações de Maxwell, que descrevem a propagação das ondas interagindo com o meio físico, e as equações de circuitos elétricos, que descrevem as relações entre correntes e tensões no modelo de linhas de transmissão.

O sistema de propagação da energia, em uma malha TLM, em duas dimensões, é formado pelo processo de espalhamento da energia em um nó, seguido do processo

de conexão dessa energia com os ramos seguintes de outros nós parte da energia do impulso incidente retorna ao nó como impulso refletido, enquanto outras parcelas dessa energia são transmitidas para os demais nós.

## 2.2. Elaboração e Consolidação das Normas

Apesar de existirem questionamentos sobre os níveis de campos eletromagnéticos, realmente prejudiciais ao ser humano, uma série de países já adota normas que estabelecem valores máximos admissíveis para estes campos.

O objetivo de todas as Normas e Regulamentos é estabelecer limites e procedimentos, que se usados, reduzem os riscos de efeitos deletérios na população a níveis aceitáveis.

Em muitos países, foram e estão sendo exigidas regulamentações que determinam os limites para SAR (taxa de absorção específica), dos dispositivos transmissores de radiofrequência (RF) usados próximo ao corpo humano.

As restrições básicas foram definidas de forma bem fundamentada considerando os efeitos de exposição a campos eletromagnéticos, de modo a assegurar que não tragam conseqüências biológicas ou à saúde dos indivíduos. Mais especificamente, refere-se aos níveis de radiação, cujos limites são estabelecidos por organismos normalizadores nacionais e internacionais.

Os limites da densidade de potência são mais rígidos para as frequências mais baixas, pois o corpo humano absorve mais radiação na faixa de frequência de 800 a 900 MHz do que na faixa de 1800 a 2000 MHz. Tanto a ANSI, como a ICNIRP e a NCRP, concordam que a exposição do público em geral deve ser mantida abaixo de uma SAR de 0,08 W/kg. Esse número foi obtido aplicando uma margem de segurança de 50 vezes (margem de 10 vezes, no caso de exposição ocupacional, e de mais 5 vezes no caso de exposição do público em geral sobre o valor 4W/kg, valor a partir do qual se observam efeitos biológicos sobre o corpo humano (Tavares, 2001, p.11).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o desenvolvimento desta pesquisa tornou-se necessário realizar uma simulação utilizando dados da planta baixa do Bloco M, sala M104, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR, Campus Pato Branco, como pode ser visto na Figura 01. Para tanto, foram realizadas medições nesse ambiente, identificando as dimensões, a localização e as propriedades físicas (permeabilidade, permissividade, condutividade, entre outras) dos equipamentos instalados, com o objetivo de fornecer esses dados para uma ferramenta de simulação baseada no modelo numérico TLM - Transmission Line Matrix. O software para simulação foi o SoftCEM, software em desenvolvimento pelo GPAI-UTFPR/GEMCO-UFSC. A partir da definição da infraestrutura e o layout os móveis e equipamentos, foram especificados a localização dos pontos de rede, bem como

o ponto de acesso para a propagação dos sinais, conforme Figura 01.

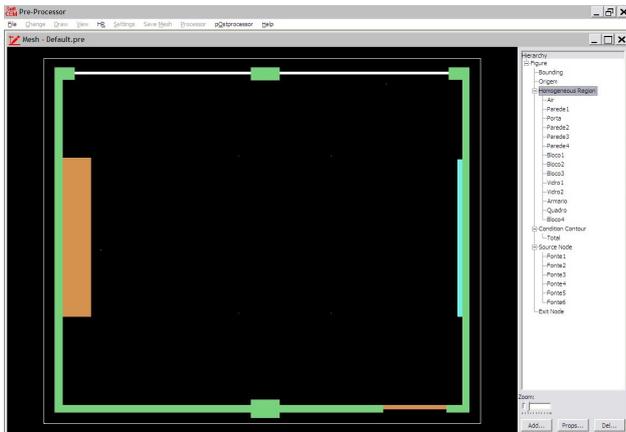


Figura 01: Planta Baixa da Sala M104.

Foram realizadas simulações em ambiente 2D (duas dimensões) no sistema, utilizando a altura de 1,7m, valor este, definido pela aproximação da altura da cabeça. Já a fonte e os pontos de acesso estavam localizados a 0,83 metros do solo. Desta forma, foi dado um decremento no sinal em função da altura.

A partir da definição da infra-estrutura e o layout dos móveis e equipamentos, foram especificados a localização dos pontos de rede, bem como o ponto de acesso para a propagação dos sinais. Como pode ser visto na Figura 01, o ponto de acesso foi definido na sala M104 do Curso de Tecnologia em Automação Industrial, o qual apresenta os recursos para o gerenciamento do sistema e a conexão com o ponto de rede padrão Ethernet.

Para possibilitar gerar os dados de teste para a pesquisa, foi simulada a utilização de uma fonte de sinal similar ao uso de uma antena onidirecional com transmissor de até 1W de potência, utilizando técnica de modulação digital spread spectrum para WLAN (wireless LAN) na faixa de frequência simulada de 2,4 a 2,483GHz. É importante destacar que esta faixa de frequência não necessita de licença pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), sendo destinada às aplicações industriais, científicas e médicas (ISM).

Com relação às propriedades elétricas dos materiais, foram utilizados na simulação os valores indicados na Tabela 01 (KOTSUKA, Y; TANAKA, T, 1999; KRAUS, 1991).

Figura 01: Propriedades Elétricas dos Materiais utilizados na Simulação.

Material	Permissividade Relativa (εr)	Permeabilidade Relativa (μr)	Condutividade (σ) (S/m)
Material Ferromagnético	1,0	3000	1,0x10 <sup>7</sup>
Concreto	5,0	1,0	0,0
Madeira	3,0	1,0	0,0
Vidro	4,0	1,0	0,0

Para a simulação do ambiente foi utilizada uma malha quadrada de 760 nós na direção X, e 640 nós na direção de Y, perfazendo um total de 186.400 nós. A distância

entre os nós foi de  $D_l=1,25\text{cm}$ . E o número de iterações utilizadas foi de 3.000, levando um tempo médio de 2 horas e 15 minutos cada simulação, considerando a utilização de um microcomputador Centrino Duo 1,8 GHz com 1GB de memória RAM.

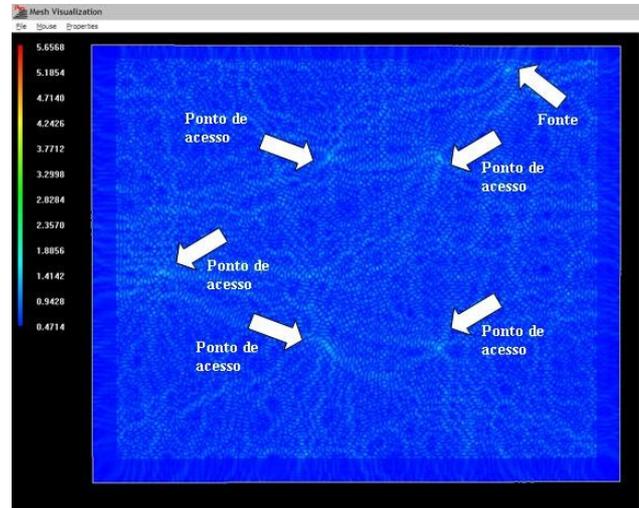


Figura 02: Simulação ao nível de 1,7 metros com um acesso (ponto claro no canto superior direito) e 5 locais diferentes de conexão (pontos mais claros).

Para possibilitar gerar os dados de teste para a pesquisa, foi simulada a utilização de antenas de 100mW de potência, utilizando técnica de modulação digital spread spectrum para WLAN (wireless LAN) na faixa de frequência simulada de 2,4GHz.

Através da Figura 02, podemos verificar a intensidade da SAR (taxa de absorção específica).

Pode-se notar que há uma maior concentração de campo em materiais com maior permissividade, e a reflexão em materiais condutivos, portanto, constatou-se que as reflexões tendem a concentrar o campo eletromagnético nas regiões próximas as máquinas e equipamentos.

Com relação ao critério de segurança física do sistema de irradiação (ponto de acesso), verificou-se através das simulações realizadas que os valores encontrados com maior intensidade não ultrapassam os valores máximos recomendados pelas normas nacionais e internacionais.

#### 4. CONCLUSÕES

Os efeitos adversos sobre a saúde humana, provocados pela exposição à radiação eletromagnética proveniente de Redes Wireless vêm sendo largamente estudados, porém não existem resultados conclusivos que possam ser utilizados para tranquilizar definitivamente a população.

Segundo Zmoginski (2007), em artigo publicado pela Info Online, a Health Agency, equivalente ao Ministério da Saúde na Inglaterra vai pesquisar a radiação emitida por Wi-Fi.

A agência inglesa afirma que, embora vá solicitar pesquisas independentes, possui estudos que apontam

que as redes Wi-Fi são ainda mais inofensivas que celulares. A exposição durante um ano a uma rede Wi-Fi oferece a mesma quantidade de radiação que uma conversa de 20 minutos ao celular, diz a agência (SMOGINSKI, 2007, p.1).

Com relação aos níveis de campos, verificou-se que o impacto destes sobre o ser humano é mínimo, pois mesmo que as reflexões e refrações tendem a concentrar os campos em certos locais do ambiente, verifica-se que os valores obtidos nas simulações com 5 receptores e uma fonte, ficam abaixo dos níveis máximos permitidos pelas normas nacionais e internacionais.

Ainda quanto ao desenvolvimento de trabalhos futuros, poderá ser indicada a realização de simulações considerando que os notebooks estejam sobre o colo, pois o nível de radiação nesta situação seria mais intenso.

## 5. REFERÊNCIAS

ALMAGUER, H. A. D. Aplicação do método TLM no estudo da interação dos campos irradiados por telefones celulares com a cabeça humana. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, v. 18, n. 1, p. 17-25, 2002.

KOTSUKA, Y; TANAKA, T. Method of Improving EM Field Distribution in a Small Room with an RF Radiator. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, v. 41, n. 1, 1999.

KRAUS, J. D. *Electromagnetics*. Fourth Edition. New York: McGraw Hill, Inc., 1991.

SMOGINSKI, F. Estudo avalia se Wi-Fi faz mal à saúde. *Info Online*, 26 de abril de 2007. Disponível em: <<http://info.abril.com.br/aberto/infonews/042007/26042007-14.shl>>. Acesso em: 30 abr. 2007.

TAVARES, W.M.L. *Radiação das Antenas do Serviço Móvel Celular e seu Tratamento na Legislação Brasileira e de outros Países*. Brasília: Consultoria Legislativa, Outubro/2001.